

**Біофізика**

УДК 577.4:538.56

**ВПЛИВ МІКРОХВИЛЬОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ЧИСЕЛЬНІСТЬ  
ЗЕЛЕНИХ ВОДОРОСТЕЙ У КУЛЬТУРІ**

**О. Григор'єва, М. Березовська**

Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
вул. Володимирська, 64, Київ 01601, Україна  
e-mail: allegro@ukr.net

Досліджено дію мікрохвильового випромінювання дециметрового діапазону на різні види зелених водоростей. Вивчено динаміку чисельності клітин після опромінення. У *Chlamydomonas actinochloris* Deason et Bold, *Chlamydomonas chlorococcoides* Ettl et Schwarz та *Chlorella vulgaris* Beijer. за певних доз спостерігається стимулювальний ефект опромінення. Показано, що *Ch. vulgaris* серед досліджених видів виявили найбільшу резистентність до мікрохвильової радіації.

**Ключові слова:** зелені водорості, мікрохвильове випромінювання, чисельність клітин.

Активне використання у повсякденному житті сучасних приладів, що є джерелами електромагнітного випромінювання, негативно впливає на довкілля. Добре відомо [2, 3], що ступінь дії радіації на організми залежить від характеристик як самого об'єкта, так і джерела випромінювання. Саме тому різнобічне вивчення цього питання може дати більш детальну інформацію про наслідки впливу мікрохвильового випромінювання на біооб'єкти.

Мета представленої роботи полягала в дослідженні впливу мікрохвильової радіації дециметрового діапазону як екологічного чинника на види зелених водоростей різної резистентності. Для цього були підібрані штами водоростей з урахуванням стійкості до високих температур, оскільки побічним ефектом мікрохвильової радіації є нагрівання. Крім того, проводилися спостереження за реакцією об'єктів на опромінення в межах роду.

У експериментах були задіяні зелені водорості, що входять в альгологічну колекцію кафедри ботаніки біологічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка (АСКУ).

За ступенем витривалості до підвищених температур зразки умовно були розділені на три групи. Щодо таких штамів роду *Chlamydomonas*, як *Chlamydomonas actinochloris* Deason et Bold (АСКУ 706-06) та *Chlamydomonas chlorococcoides* Ettl et Schwarz (АСКУ 762-06), нам не відомі особливі реакції на зовнішні чинники, зокрема, нагрівання. Як найбільш витривала культура для експериментів була відібрана *Chlorella vulgaris* Beijer. (АСКУ 531-06), що, як відомо, є надзвичайно резистентною до змін навколишнього середовища і широко розповсюджена у найрізноманітніших місцезростаннях [5]. Штам *Coleochlamys* sp. (АСКУ 821-08), ізольований зі зразків ґрунту на території антарктичної станції та пристосований до зростання в умовах холодного клімату, був відібраний нами як, імовірно, найменш стійкий до такого типу опромінення.

Опромінювали об'єкти у скляному посуді, об'єм зразка становив 100 мл. Як джерело мікрохвильового випромінювання в експериментах використано стандартну побутову мікрохвильову піч, котра працює на магнетроні з частотою генерації  $\nu=2450$  МГц,

що відповідає діапазону частот деяких антропогенних джерел (довжина хвилі випромінювання  $\lambda \approx 12$  см). Температуру суспензії вимірювали до та після опромінення. Дозу поглиненої радіації  $D$  визначали за формулою  $D=c(t_2-t_1)$ , де  $c=4,2$  Дж/(г·°C) – питома теплоємність води, а  $t_1$  і  $t_2$  – початкова та кінцева температури суспензії [1]. При експозиціях 10, 20 і 30 с температура піднімалася до 35, 45 та 55°C, а поглинені дози становили 45, 85 та 140 Дж/г відповідно.

Підрахунки кількості клітин у культурі здійснювали на 1-шу, 2-гу, 5-ту і 7-му добу експерименту за методикою [4]. Статистична обробка даних проводилася за допомогою програми „PAST\_1\_65”.

Спостереження за розвитком *Ch. actinochloris* після обробки мікрохвильовою радіацією, показали, що найбільший вплив на водорість справила доза 140 Дж/г, і це позначилося на чисельності культури, починаючи з 5-ї доби експерименту (рис. 1). Так, обчислення летальної дози (ЛД) на 7-му добу досліджень показало, що при даній експозиції загинуло 80% клітин – ЛД<sub>80/7</sub>. Протилежну реакцію на опромінення можна спостерігати у цієї культури за нижчої дози, 85 Дж/г. Так, на 7-му добу експерименту відзначено тенденцію до приросту клітин порівняно з контролем.

У представника того ж роду *Ch. chlorococcoides* збільшення кількості клітин при опроміненні в дозі 85 Дж/г порівняно з контролем можна відзначити вже на 2-гу добу експерименту (рис. 2). На 7-му добу спостерігається стимуляція чисельності при опроміненні в дозах 45 і 85 Дж/г, причому за вищої дози стимуляція інтенсивніша. При експозиції протягом 30 с, як і у попереднього виду, відбувається пригнічення росту клітин водоростей – ЛД<sub>65/7</sub>.

Порівнюючи ці два види, можна сказати, що нами не було зауважено значних відмінностей у їхніх реакціях на мікрохвильове опромінення. В обох випадках чітко проявляється сповільнення розвитку при опроміненні у найвищій дозі, починаючи з 5-ї

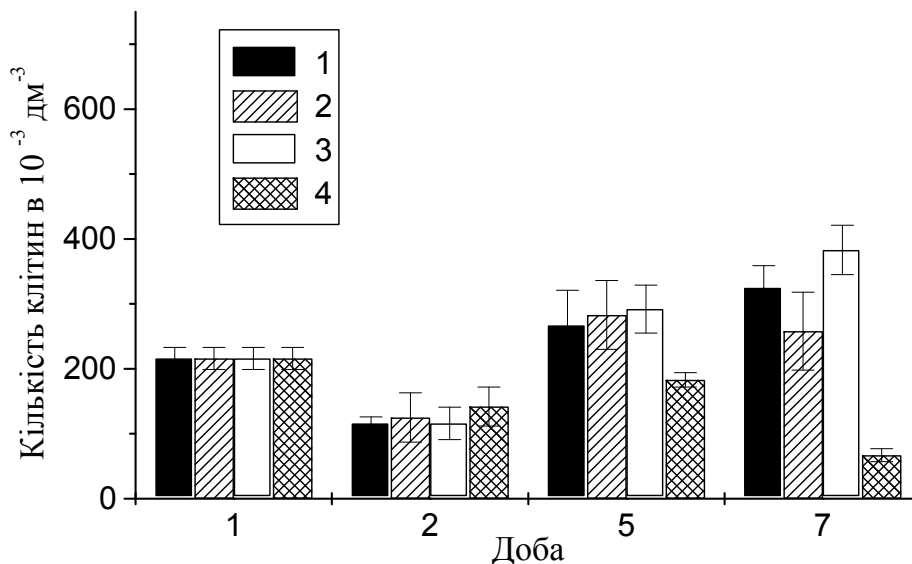


Рис. 1. Динаміка чисельності клітин у *Ch. actinochloris* після впливу мікрохвильової радіації: 1 – контроль; 2 – опромінення в дозі 45 Дж/г; 3 – опромінення в дозі 85 Дж/г; 4 – опромінення в дозі 140 Дж/г.

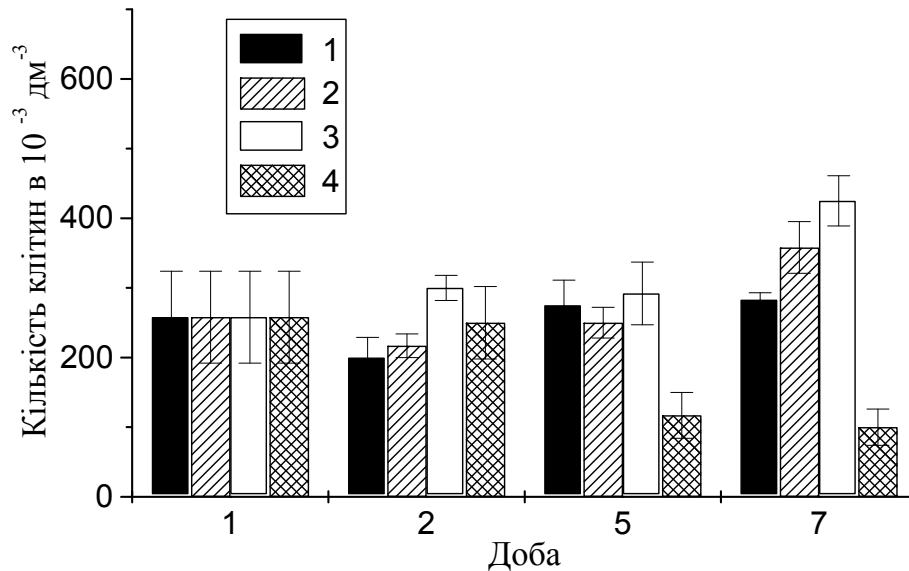


Рис. 2. Динаміка чисельності клітин у *Ch. chlorococcoides* після впливу мікрохвильової радіації: 1 – контроль; 2 – опромінення в дозі 45 Дж/г; 3 – опромінення в дозі 85 Дж/г; 4 – опромінення в дозі 140 Дж/г.

добі експерименту. Оскільки більшість клітин гине, але культура продовжує існувати, дозу 140 Дж/г для даних видів можна вважати критичною. Стимуляція наростання кількості клітин для обох культур спостерігається при експозиції протягом 20 с, що, правда, у *Ch. chlorococcoides* за даних умов вона сильніша. Крім того, цей вид, на відміну від *Ch. actinochloris*, має тенденцію до збільшення чисельності і при опроміненні в дозі 45 Дж/г.

Для *Ch. vulgaris* характерна та ж тенденція у відповіді на опромінення (рис. 3). Незважаючи на надзвичайну стійкість до зовнішніх факторів, ця водорість так само показала пригнічення росту при опроміненні в дозі 140 Дж/г та певну стимуляцію при опроміненні в нижчій дозі. Щоправда, на відміну від вищеописаних видів, найбільше підсилення росту відбулося при обробці культури в дозі 45 Дж/г.

Очевидно, вплив такого типу опромінення є досить дієвим, оскільки навіть дуже стійкий вид зазнав пригнічення росту при опроміненні у незначних дозах, що проявилось на 2-гу добу експерименту. Щоправда, уже на 5-ту добу відбулося вирівнювання кількості клітин, порівняно з контролем, для зразків, опромінених у дозі 85 Дж/г, та перевищення за чисельністю контролю при опроміненні зразків у дозі 45 Дж/г. Важливо зауважити, що доза 140 Дж/г викликала у *Ch. vulgaris* значно менше пригнічення розвитку на відміну від видів роду *Chlamydomonas*: для цієї культури  $LD_{30/7}$ . Тобто, якщо для вищеописаних видів дозу 140 Дж/г можна вважати критичною, то для хлорели критичною може виявитися дещо вища доза, що було б цікаво дослідити в подальшому.

Найбільш цікавою була реакція на мікрохвильову радіацію дециметрового діапазону антарктичної водорості *Coleochlamys* sp. Як видно з рис. 4, протягом усіх днів експерименту відбувається значне перевищення чисельності клітин у контролі порівняно з дослідними зразками. Уже на 2-гу добу кількість клітин у всіх опромінених варіантах

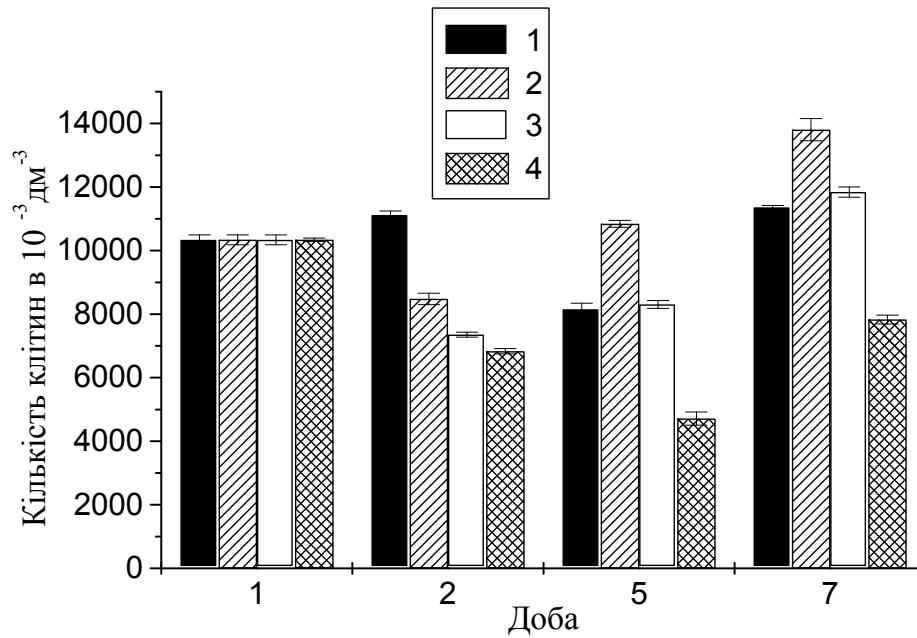


Рис. 3. Динаміка чисельності клітин у *Ch. vulgaris* після впливу мікрохвильової радіації: 1 – контроль; 2 – опромінення в дозі 45 Дж/г; 3 – опромінення в дозі 85 Дж/г; 4 – опромінення в дозі 140 Дж/г.

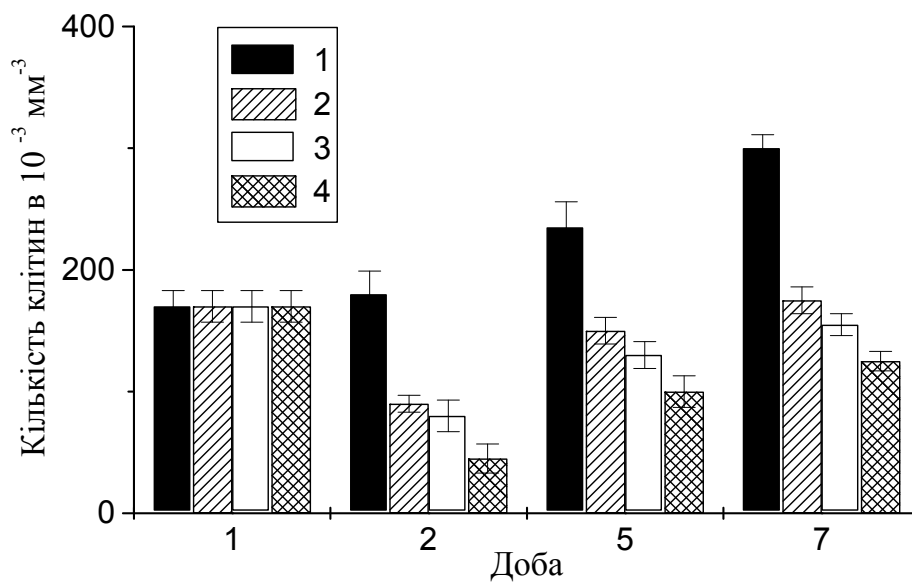


Рис. 4. Динаміка чисельності клітин у *Coleochlamys* sp. після впливу мікрохвильової радіації: 1 – контроль; 2 – опромінення в дозі 45 Дж/г; 3 – опромінення в дозі 85 Дж/г; 4 – опромінення в дозі 140 Дж/г.

досліді різко падає, і хоча поступово наростає на 5-ту та 7-му добу, проте всі оброблені варіанти досліду вірогідно відрізняються від контролю. Не спостерігається також у даному випадку і стимуляції приросту клітин при незначних дозах: чисельність клітин спадає планомірно і обернено залежить від дози опромінення – чим вища доза, тим більше пригнічення росту. З іншого боку, для *Coleochlamys* sp. ЛД<sub>58/7</sub>, тобто кількість загиблих клітин за найвищої дози нижча, ніж для *Ch. actinochloris* та *Ch. chlorococcoides*.

Таким чином, реакція антарктичної водорості на опромінення була дещо несподіваною, оскільки від цієї культури не очікувалося вищої стійкості до радіації, що супроводжується підвищенням температури, ніж від більш теплолюбних видів. Крім того, очевидно, стимуляція не є ознакою резистентності, а лише, можливо, специфічна реакція на опромінення мікрохвильовою радіацією.

У межах роду не виявлено значних відмінностей між реакціями двох видів *Ch. actinochloris* та *Ch. chlorococcoides* на мікрохвильову радіацію дециметрового діапазону.

Спостерігається стимуляція приросту клітин мікрохвильовим опроміненням у невеликій дозі: для *Ch. actinochloris* і *Ch. chlorococcoides* – 85 Дж/г; для *Ch. vulgaris* – 45 Дж/г.

Доза 140 Дж/г виявилася найбільш впливовою для досліджених видів водоростей. За даних умов для *Ch. actinochloris* ЛД<sub>80/7</sub>, для *Ch. chlorococcoides* ЛД<sub>65/7</sub>, для *Ch. vulgaris* ЛД<sub>30/7</sub> і для *Coleochlamys* sp. ЛД<sub>58/7</sub>.

За підрахунками летальної дози, *Ch. vulgaris* серед досліджених видів виявила найвищу резистентність до мікрохвильового випромінювання.

1. Григор'єва О. О. Вплив надвисокочастотного опромінення як екологічного фактора на деякі гідробіонтні організми: Автореф. дис. ... канд. біол. наук. К.: Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 2005. 20 с.
2. Калинин Л. Г., Бошкова И. Л., Панченко Г. И., Коломийчук С. Г. Влияние низкочастотного и высокочастотного электромагнитного поля на семена // Биофизика. 2005. Т. 50. № 2. С.361–366.
3. Кузнецов С.Г., Путинцев А.Ф. Особенности воздействия мощных УВЧ импульсов на семена гречихи // Радиационная биология. Радиоэкология. 1996. Т. 36. № 5. С. 686–690.
4. Методи експериментальної мікології: Справочник / Под ред. В.И. Билай. К.: Наук. думка, 1982. 552 с.
5. K. Králová, E. Masarovičová, K. Györyová. The physiological response of green algae (*Chlorella vulgaris*) to pH-dependent inhibitory activity of some zinc (II) compounds: carboxylato- and halogenocarboxylatozinc (II) complexes // Chem. Pap. 2003. 58 (5). P. 353–356.

**THE INFLUENCE OF MICROWAVE IRRADIATION ON QUANTITY OF GREEN ALGAE IN CULTURE****O. Grygorieva, M. Berezovska**

*Taras Shevchenko National University of Kyiv  
64, Volodymyrska St., Kyiv 01601, Ukraine  
e-mail: allegro@ukr.net*

The influence of microwave irradiation of decimeter range on different species of green algae was investigated. The dynamics of cells quantity after irradiation was studied. The stimulant effect of irradiation at *Chlamydomonas actinochloris* Deason et Bold, *Chlamydomonas chlorococcoides* Ettl et Schwarz and *Chlorella vulgaris* Beijer. was observed. *Ch. vulgaris* turned out to be the most resistant to microwave irradiation among explored species.

*Key words:* green algae, microwave irradiation, cells quantity.

**ВЛИЯНИЕ МИКРОВОЛНОВОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА ЧИСЛЕННОСТЬ ЗЕЛЁНЫХ ВОДОРОСЛЕЙ В КУЛЬТУРЕ****О. Григорьева, М. Березовская**

*Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко  
ул. Владимирская, 64, Киев 01601, Украина  
e-mail: allegro@ukr.net*

Исследовано влияние микроволнового облучения дециметрового диапазона на разные виды зелёных водорослей. Изучена динамика численности клеток после облучения. У *Chlamydomonas actinochloris* Deason et Bold, *Chlamydomonas chlorococcoides* Ettl et Schwarz и *Chlorella vulgaris* Beijer. при определённых дозах наблюдается стимулирующий эффект облучения. Показано, что *Ch. vulgaris* среди исследованных видов наиболее резистентна к микроволновому облучению.

*Ключевые слова:* зеленые водоросли, микроволновое облучение, численность клеток.

Стаття надійшла до редколегії 30.07.09

Прийнята до друку 17.09.09